



*Приета: 18.03.2016 г.
Преработена: 11.04.2016 г.
Одобрена: 22.04.2016 г.*

ПРИЛОЖЕНИЕ НА БЛА (БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ) В АРХИТЕКТУРНАТА ФОТОГРАМЕТРИЯ

Ц. Атанасова¹

Ключови думи: фотограметрия, безпилотни летателни апарати, мултикоптер, тримерни модели, културно наследство

РЕЗЮМЕ

БЛА системите са ценен източник на данни за картографиране, проучване и създаване на тримерни модели. Мултикоптерите са подходяща и бюджетна алтернатива на традиционните методи на блискообхватната фотограметрия за документиране на паметници на културата. Настоящата статия описва технологична схема за създаване на 3D модели от изображения, формирани от дрони. Възможностите за приложението на БЛА за целите на архитектурната фотограметрия са представени в конкретен пример: документирането на крепостта „Перистера“ в гр. Пещера.

1. Въведение

Най-често срещаните области, в които се използват изображенията от БЛА и фотограметричните данни, получени от тях, са горско и селско стопанство [6], изследвания на околната среда, археология и културно наследство, контрол на движението и 3D реконструкции [11]. С развитието на съвременните методи на блискообхватната фотограметрия навлиза и използване на нови технически средства като носители на снимачна апаратура, позволяващи заснемането да се извършва с по-висока точност при формиране на изображението и разширяване на възможностите за отстраняване на систематични грешки при формиране на геометричния модел. В сравнение с въздушната и инженер-

¹ Цветелина Атанасова, инж., кат. „Фотограметрия и картография“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: atanasova.cv@gmailcom

ната фотограмметрия, архитектурната фотограмметрия няма специални изисквания и ограничения при използване на фотограметрични камери за заснемане на обекти. Тези особености правят БЛА (безпилотни летателни апарати) приложими при документирането на архитектурни обекти и паметници на културата [2] и създаването на тримерни модели на археологически разкопки [12]. Особено място сред безпилотните летателни апарати заемат тези, които работят на принципа на вертолетите, наричат се „мултикоптери“. Това са дистанционно управляеми летателни средства, летенето при които се осъществява благодарение на две или повече двойки витла, разположени диаметрално едно срещу друго, задвижвани по принцип с електромотори.

БЛА са бюджетна алтернатива на класическите методи на блискообхватната фотограмметрия и възможностите на лазерното сканиране за целите на 3D моделирането. Високата им маневреност и възможността за излитане и кацане на ограничени пространства дава възможност да се заснемат труднодостъпни обекти.

Въз основа на предимствата, които технологията предоставя, е направено заснемане с дрон на крепостта „Перистера“ в гр. Пещера. Експериментът е извършен с цел да се изследват възможностите за приложение на БЛА при създаването на тримерен модел на архитектурен обект.

2. Фотограметрично заснемане

2.1. Оборудване

Фотограметричното заснемане е извършено с DJI Phantom 3 Professional. БЛА е снабден с вградена камера, която формира 12-мегапиксели снимки. Осигуряването на стабилността на фотоапарата се реализира с триосна жироскопична стойка. DJI Lightbridge технологията позволява наблюдаване на полета в реално време през обектива на камерата. Дронът е оборудван с две интелигентни батерии с мощност 4480 mAh, всяка от които осигурява около 20 минути полет. DJI Phantom 3 Professional разполага с модерна навигационна и позиционираща система, която използва и комбинира данни от GPS и GLONASS. Дронът притежава и функция „Go Home“, чрез която може да се връща в изходната позиция от която е бил пуснат. Базовата точност на кръжене на мултикоптера е 10 m вертикална и 1 m хоризонтална.

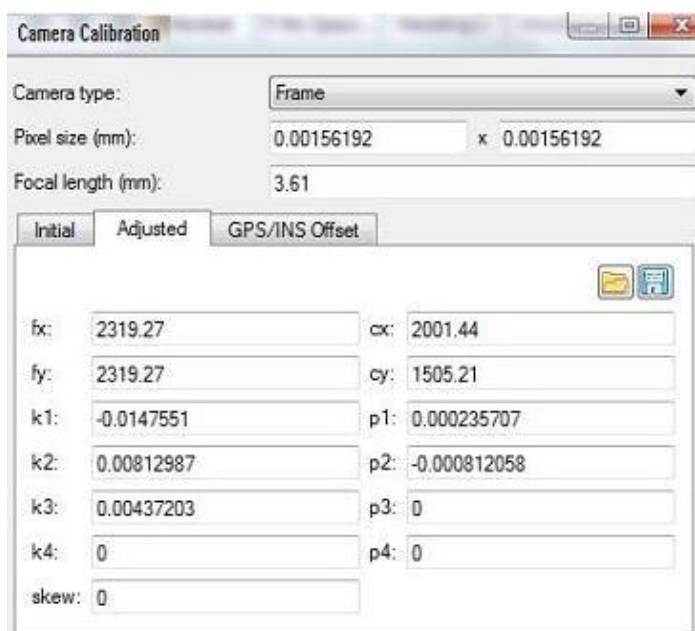
2.2. Облитане на крепостта „Перистера“ в гр. Пещера

С БЛА са извършени две облитания с общо време на полета около 80 минути на античната и средновековна крепост „Перистера“, която е ключов за гр. Пещера археологически обект с национално значение. Хълмът, на който е разположена, е известен като Света Петка, а името „Перистера“ означава гълъб (гълъбово място). Крепостта е била един от първите центрове за разпространение на християнската религия по тези места. Като резултат от заснемането са получени 251 изображения. По време на полета за контролирането на траекторията и управлението на камерата е използван софтуера DJI GO. Приложението работи под ОС (операционна система) Android. Контролът позволява да се правят снимки както при наклонена, така и при хоризонтална камера. Операторът може да използва ръчен или автоматичен режим на заснемане. В момента на фотографиране се регистрират GPS координатите на проекционния център на камерата. Продължителността се определя от времето за разреждане на батерията. Към комплекта са закупени общо 2 батерии.

2.3. Формиране на тримерен модел на крепостта „Перистера“

За обработката на снимките на крепостта „Перистера“ в гр. Пещера е използван програмен продукт AgiSoft Photoscan. Това софтуерно решение предоставя съвременна технология за създаване на тримерни модели в определен мащаб въз основа на цифрови изображения, които могат да бъдат получени от всеки цифров фотоапарат, направени от всеки ъгъл, като всеки елемент на реконструкция трябва да бъде заснет от минимум две позиции. Обработката на снимките с цел създаване на тримерен модел се извършва в четири етапа: ориентиране, създаване на плътен точков облак, създаване на полигонален модел, създаване на текстурата на обекта. Необходимо е преди започване на работния процес да се направи оценка на качеството на снимките. Препоръчително е изображения с коефициент по-нисък от 0.5 единици да бъдат изключени от фотограметричната обработка. След направената оценка на качеството на снимките на крепостта „Перистера“, направени с DJI Phantom 3 Professional, се установи, че всички изображения могат да се използват за създаването на тримерен модел.

На първия етап от обработката с програмен продукт AgiSoft Photoscan е извършено калибриране на дрона като са определени елементите на вътрешното и външно ориентиране на камерата за всяко изображение, както и систематичните грешки от дисторзията на обектива (фиг. 1). За целта чрез корелация са идентифицирани общи точки на снимките. Въз основа на тях са определени всички параметри на камерата: позицията, ориентацията, вътрешна геометрия. Определеното фокусно разстояние на камерата е 3.61 mm. Създаден е рядък облак от 5 650 511 точки, който е показан на фиг. 2. Той служи само за визуална оценка на качеството на изображенията и, за разлика от положението и ориентацията на камерата, не се използва в следващите етапи на обработка.



Фиг. 1. Калибриране на камерата



Фиг. 2. Рядък облак от точки на крепостта „Перистера“

На втория етап е формиран плътен облак от точки от 90 407 234 точки (фиг. 3). Той е изграден на база на позицията на камерата и ЕВО (елементи на външно ориентиране), определени в първата стъпка от фотограметричната обработка. Чрез AgiSoft Photoscan могат да се създават точкови облаци с близка плътност до тези, получени чрез Lidar системи. Формираният сгъстен облак от точки може да се редактира и класифицира, както и да се използва на следващи етапи от създаване на 3D модели. Корекциите са: отстраняване на селектирани точки, отстраняване на области, запълване и други.

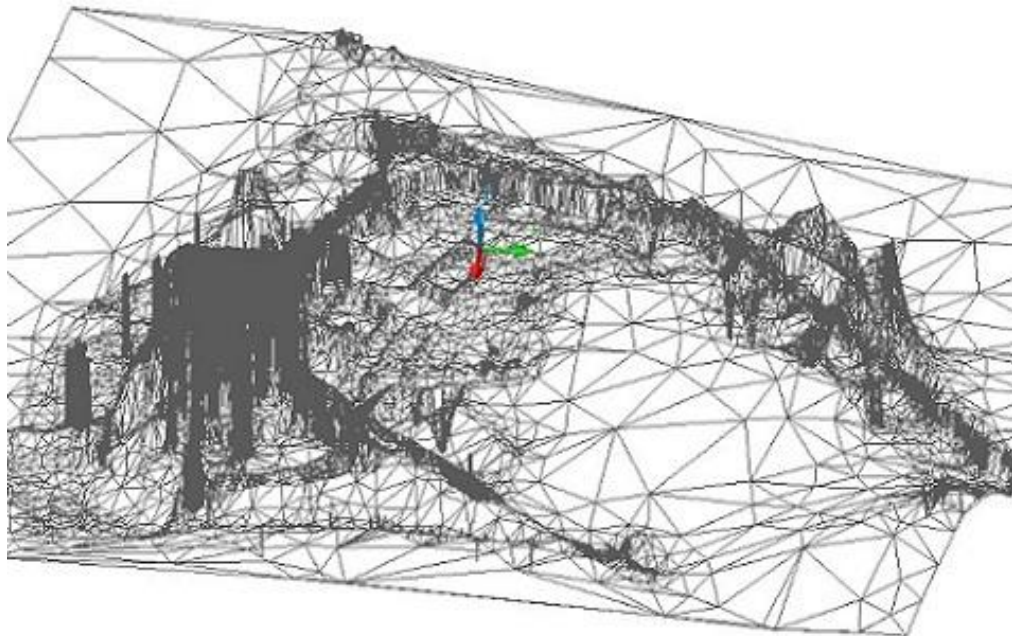


Фиг. 3. Плътен облак от точки на крепостта „Перистера“

Следващата стъпка в обработката на снимките е изграждането на полигонален модел на обекта. На този етап е създадена тримерна многоъгълна мрежа под точките от плътния точков облак, която описва геометрията на обекта. AgiSoft Photoscan дава възможност полигоналният модел да бъде експортиран и визуализиран в средата на други

софтуерни платформи (фиг. 4). В програмата са предвидени и функции за редактиране на модела, с които могат да се отстраняват изолирани компоненти от модела, да се запълват дупки и т.н.

Последният етап на обработка включва текстуриране и/или създаване на ортомозайки. Резултатът зависи от броя снимки от различни ъгли. Програмата използва цветовете от изображенията и ги наслажда върху точковия облак и полигоналният модел.



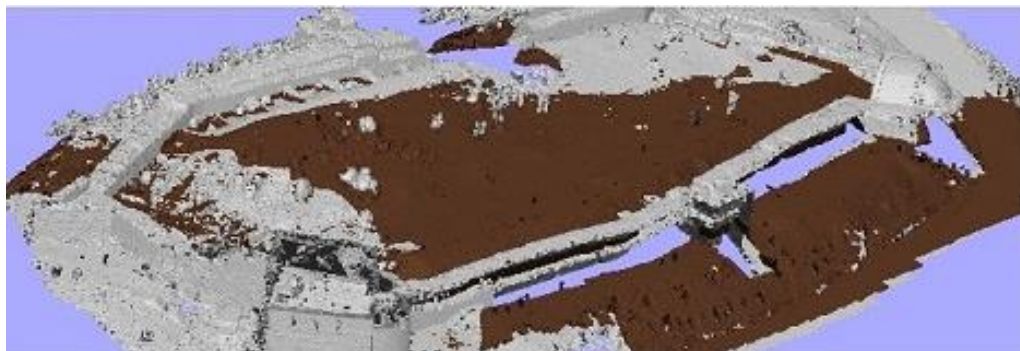
Фиг. 4. Полигонален модел на крепостта „Перистера“, визуализиран в средата на AutoCAD

2.4. Мащабиране на съгъстения точков модел на крепостта „Перистера“

За да бъде създаденият тимерен модел отнесен към определена координатна система, е извършено геодезическо заснемане. Геодезическото заснемане е в Координатна система 1970 г. и височинна: Балтийска. Тъй като при заснемането с дрона координатите на центровете на проектиране са определени в координатна система WGS 84, то няколко площно разположени в обекта точки са трансформирани от координатна система 1970 г. в координатна система WGS 84 чрез програмата BGTrans и са използвани като въведени маркери в AgiSoft Photoscan за мащабиране на точковия модел. Чрез дефинирането на координатна система се мащабира обекта, което позволява извършването на измервания по модела и улеснява визуализирането му в средата на друг програмен продукт по-лесно. За създаването на цифров модел на терена е наложително предварително той да бъде мащабиран.

2.5. Класификация на точки от съгъстения облак на крепостта „Перистера“

Извършена е класификация по начина на кодиране на точките от съгъстения блок. Резултатите са показани на фиг. 5.



Фиг. 5. Класификация по начина на кодиране на точките от сгъстения блок

2.6. Създаване на временен модел от облака от сгъстени точки на крепостта „Перистера“

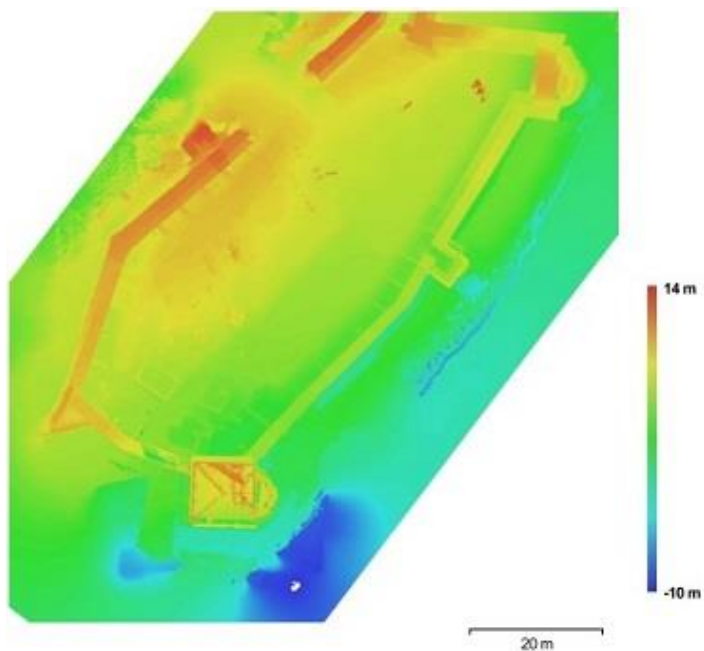
Въз основа на редактирания 3D модел от сгъстени точки и направената класификация е формиран временен 3D модел (от 8 слоя с точност 6.28 mm/pix). Резултатите са показани на фиг. 6.



Фиг. 6. Временен тримерен модел на крепостта „Перистера“

2.7. Създаване на DEM модел на крепостта „Перистера“

Въз основа на генерирания плътен облак от точки е създаден цифров модел на повърхнината (DEM) (фиг. 7) с резолюция 0.0125689 m/pix.



Фиг. 7. Цифров модел на повърхнината на крепостта „Перистера“

2.8. Създаване на ортофотоплан на крепостта „Перистера“



Фиг. 8. Ортофотоплан на крепостта „Перистера“

За района на крепостта „Перистера” е създаден ортофотоплан (фиг. 8). За целта е използван генерираният тримерен модел на обекта и формирания DEM модел. Пълен протокол от работата със системата е показан на фиг. 9.

Processing Parameters

General	
Cameras	383
Aligned cameras	251
Coordinate system	WGS 84 (EPSG:4326)
Point Cloud	
Points	5,653,370 of 7,226,620
RMS reprojection error	0.224407 (0.492626 pix)
Max reprojection error	0.776009 (38.486 pix)
Mean key point size	2.28536 pix
Effective overlap	3.05241
Dense Point Cloud	
Points	90,407,234
Reconstruction parameters	
Quality	High
Depth filtering	Aggressive
DEM	
Size	11,284 x 12,426
Coordinate system	WGS 84 (EPSG:4326)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled

Фиг. 9. Параметри на фотограметричната обработка

3. Анализ на получените резултати

Въз основа на успешно проведени експерименти е създадена технологична схема за създаване на 3D модели от изображения, формирани от дрони. Постигнатите експериментални изследвания показват, че технологията може успешно да се използва в практиката при документиране на архитектурни и археологически обекти, при картографиране на труднодостъпни обекти и съоръжения и при следене на динамично развиващи се процеси.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-73/2015 е подкрепена финансово от Център за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Boehler, W., Marbs, A.* 3D scanning and photogrammetry for heritage recording: a comparison. University of Gävle, Sweden, 2004.
2. *Brutto, M. Lo, Garraffa, A., Meli, P.* UAV platforms for cultural heritage survey: first results. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5, 2014.
3. *Colomina, I., Molina, P.* Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 92, 79 – 97, 2014.
4. *Eisenbeiß, H.* UAV Photogrammetry. University of Technology Dresden, Zurich, 2009.
5. *Eisenbeiß, H.* The potential of Unmanned Aerial Vehicles for mapping.
6. *Fritza, A., Kattenborna, T., Kocha, B.* UAV-Based photogrammetric point clouds – tree stem mapping in open stands in comparison to terrestrial laser scanner point clouds. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W2, 2013 UAV-g2013, 4 – 6 September 2013, Rostock, Germany, 2013.
7. *Irschara, A., Kaufmannb, V., Klopschitza, M., Bischofa, H., Leberla, F.* Towards fully automatic photogrammetric reconstruction using digital images taken from UAVS. ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5 – 7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7A, 2010.
8. *Jizhoua, W., Zongjianb, L., Chengminga, L.* Reconstruction of buildings from a single UAV image. China.
9. *Mcglone, J. C.* Manual of Photogrammetry. 5th edn., American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, USA, 2004.
10. *Pérez, M., Agüera, F., Carvajal, F.* Low cost surveying using an unmanned aerial vehicle. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W2, 2013.
11. *Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., Sarazzi, D.* UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling – current status and future perspectives. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-1/C22, 2011.
12. *Sauerbiera, M., Eisenbeiß, H.* UAVS for the documentation of archaeological excavations. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5, Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK, 2010.

APPLICATION OF UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLES) IN ARCHITECTURAL PHOTOGRAMMETRY

T. Atanasova¹

Keywords: photogrammetry, unmanned aerial vehicles, multicopters, 3D models, cultural heritage

ABSTRACT

UAV systems are a valuable source of data for mapping, inspection and 3D modeling. Multicopters are suitable low-cost alternative to traditional methods of close-range photogrammetry for documentation of cultural heritage. This paper describes the technological scheme to create 3D models of images captured by drones. The possibilities for application of UAVs for architectural photogrammetry are presented in a case study: documentation of the "Peristera" fortress in the town of Peshtera, Bulgaria.

¹ Tsvetelina Atanasova, Eng., Dept. "Photogrammetry and Cartography", UACEG, 1 H. Smirrenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: atanasova.cv@gmail.com